

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：82105

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24658142

研究課題名(和文) 分布北限域の絞め殺しイチジク集団は送粉共生を維持しているか

研究課題名(英文) Does strangler fig population maintain the pollination mutualism in the northernmost area of their habitat?

研究代表者

大谷 達也 (Otani, Tatsuya)

独立行政法人森林総合研究所・四国支所・主任研究員

研究者番号：80353613

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：アコウはコバチとの送粉共生を維持するため、年間のどの時期にもいずれかの個体が結実する周年結実を実現する必要がある。しかし分布北限域の四国南部では、遺伝的多様性の低下や冬期の低温のために周年結実ができていない可能性がある。そこで足摺・室戸のアコウ個体群について、結実行動を観察し遺伝的多様性を比較した。足摺・室戸ともに周年結実は維持されていたが、結実個体の少ない秋冬期に定期的に結実する個体は認められなかった。周年結実がより安定していると示された足摺のほうが遺伝的多様性は高かった。北限域においても周年結実が維持されているが、その安定性は遺伝的多様性に支えられている可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Population of *Ficus superba* var. *japonica* needs to achieve year-round fruiting in order to maintain the pollination mutualism with fig wasps. However, it seems that the year-round fruiting is failed in the northernmost area of the ficus habitat due to loss of genetic diversity and low temperature in winter. We observed the fruiting behavior of the ficus trees and investigated the genetic diversity in two populations, Ashizuri and Muroto, in the southern Shikoku Island. In both populations the year-round fruiting was maintained for two and a half year, however, no trees showed periodic fruiting exclusively in fall and winter when fruiting trees were sparse. Ashizuri population had higher genetic diversity than Muroto where the year-round fruiting was less stable, inferring that the genetic diversity of a ficus population fostered the stability of year-round fruiting.

研究分野：森林生態学

キーワード：送粉共生 遺伝的多様性 結実周期 周年結実

1. 研究開始当初の背景

温度条件は植物の分布を規定する重要な要因の一つである。熱帯起源の植物にとって周期的な低温に対する適応は、温帯にまで分布を広げるために必要不可欠である。しかしながら低温ストレスは植物集団に遺伝的な選択をもたらし、分布周辺域の集団では個体数の少なさから遺伝的多様性が下がるという創始者効果がおこる。熱帯から温帯へと広がってきた種の分布北限域では、集団の遺伝的多様性は著しく低いと予想される。

クワ科イチジク属のアコウ(*Ficus superba* var. *japonica*) はマレー半島から南日本にまで広く分布し、熱帯で発達したイチジクコバチとの送粉共生システムをもっている。コバチの一代は数ヶ月ほどしかなく、その生活環つまりはコバチとの送粉共生を維持するためには、一年を通していずれかのアコウ個体が結実しているという「周年結実」が必要である。屋久島において 76 個体を 4 年半にわたり観察した結果では、個体ごとの結実時期が、1) 冬のみ、2) 初夏から秋のみ、3) 季節的にランダムという 3 タイプが認められ、異なる結実時期をもつ個体が混在することによって周年結実が実現されていた。

四国南部はアコウの分布北限にあたる。四国南部では屋久島よりも年平均気温が 3 ほど低くなり、アコウ集団はさらに低温への適応を強いられると考えられる。また四国南部では自然度の高い海岸林が限られることもあり、屋久島に比べ個体数が少ないだろう。低温ストレスや創始者効果によって、四国南部のアコウ集団では屋久島集団よりも遺伝的多様性が低いと予想される。屋久島ではさまざまな結実タイプの個体が混在しておりそのことが遺伝的多様性に支えられたものならば、四国南部では遺伝的多様性の低下により互いに似たような結実時期をもつ個体ばかりになって周年結実が実現できず、コバチとの送粉共生が維持できていない、あるいは不安定になる可能性がある。

2. 研究の目的

この研究では分布北限域に生育するアコウ集団について、個体ごとの結実行動の観察と遺伝的多様性の解析によってイチジクコバチとの送粉共生を維持できているかどうかを評価する。また、九州地域に近い足摺岬と分布域のより周辺部にある室戸岬とを比較することによって、遺伝的多様性の減少のために周年結実が崩壊あるいは不安定になることを実証する。

3. 研究の方法

四国南部の足摺岬および室戸岬の周辺に生育するおよそ 80 個体ずつのアコウ個体について、結実行動を 3 週間ごと(平均 20.6 日ごと)に記録した。すなわち、果囊の有無と相対的な果囊の量の指標、果囊の成熟状態および葉の状態である。

成熟果囊を付けている場合には、個体あたり数個の果囊を持ち帰り成熟種子を取り出して、インキュベータを使った発芽試験をおこなった。18 暗 10 時間・25 明 14 時間の温度設定とし、鹿沼土を入れた小ポットの底が常に水に浸かるようにした。ひとつの果囊から 50 粒を上限に種子を取りだして鹿沼土の上に並べ、果囊ごとに発芽率を算出した。

結実行動の観察個体から葉を採取し、キット(キアゲン製)を使って DNA を抽出した。すでに開発済みであったマイクロサテライトマーカ(16 座)によって個体ごとの遺伝子型を決定した。さまざまな指標によって遺伝的多様性を算出するとともに、Structure 解析によって各個体の遺伝的特徴を分類した。

4. 研究成果

(1) 足摺および室戸集団の結実特性

足摺および室戸岬の二つの集団について 2012 年 6 月から 2015 年 3 月までの 2 年半の期間において、結実特性の観察を続けることができた。それぞれの集団において、観察対象の個体数に対する結実していた個体の割合を時系列で示した(図 1)。いずれの集団でも 4 から 5 月にかけて 80% ほどの高い値を示し、9 から 10 月にかけて 20% ほどまで落ち込むことが示された。1・2 月の最寒期においては、年および集団ごとに 20% 前後と 40% 前後に大きく異なることがあった。とくに 2015 年の冬期には両集団ともに低い値となり、室戸では 20% を下回った。5 月から 6 月のもっとも結実個体の多い時期に、室戸では 9 割ほどの個体が集中して結実した。調査期間を通じた平均値は足摺 43%、室戸 40% と差はなかったが、変動係数は足摺 44.3、室戸 60.5 となり室戸のほうが結実個体の割合が大きく変動することが示された。

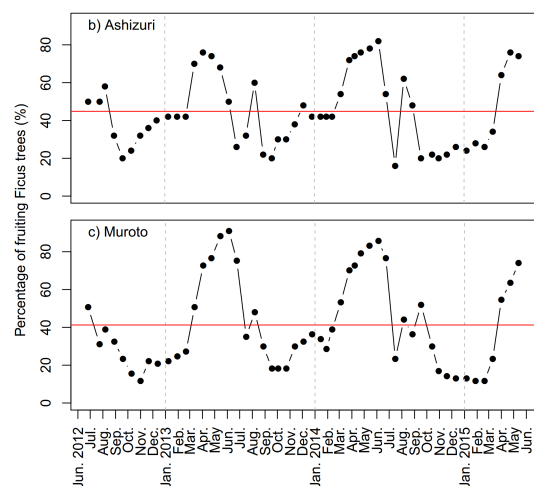


図 1. 足摺・室戸のアコウ集団における結実個体割合の季節変化。赤線は平均値。

個体ごとの結実量の指標を使って個体の結実パターンを K-means 法によって分類した

ところ、足摺・室戸の両集団について明確な特徴をもつそれぞれ3つのグループに分類することができた(図2)。足摺では1) 1年目の冬に大量結実(図2上で+)、2) 2年目の冬に大量結実(図2上で○)、3) 春から夏にだけ結実(図2上で●)という3グループが認められた。室戸の3グループでは1) 2年目の冬に大量結実(図2下で○)、2) 春に大量結実(図2下で●)、3) 夏に少量だけ結実(図2下で+)という特徴がみられた。いずれの集団でも毎冬に安定して大量に結実するグループは認められなかった。室戸では一年目の冬に大量結実した個体がなかったことからわかるように、結実個体が少なくなる冬期に定期的に結実できる個体の存在が、周年結実の長期的な安定に関わっていると推察される。

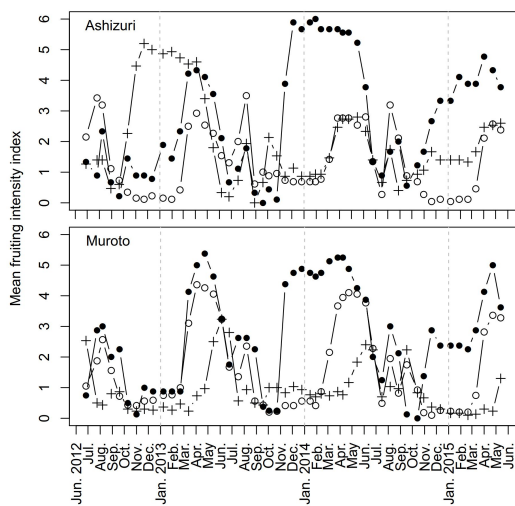


図2. 足摺・室戸のアコウ集団における個体ごとの結実パターンによる個体の分類。K-means法によって3グループに個体を分類した。

足摺・室戸集団のどちらがより安定して周年結実を維持できるかを示すため、簡単なシミュレーションをおこなった。すなわち、それぞれの集団からランダムに個体を選び出し仮想的な集団をつくったのち、その集団が周年結実を実現できているかどうかを判定した。2年半の調査期間中に結実行動を50回記録しているが、結実個体数が0になる調査時点が一度でもあると周年結実が破綻したと判定した。調査個体数と同じ個体数から始め、選び出す個体数を10個体まで1つずつ減らした。個体を選び出す際には同じ個体の重複を認めた。それぞれの個体数で5000回の試行をおこない、個体数ごとに周年結実が破綻した試行の割合を算出した。両集団とも選び出す個体数が50個体より少なくなっても周年結実の破綻割合は1%以下であるが、室戸では45個体、足摺では30個体より少な

くなると1%を超えた(図3)。より少ない個体数で周年結実を実現できる足摺のほうが、室戸に比べてより安定的に周年結実を維持しているといえる。

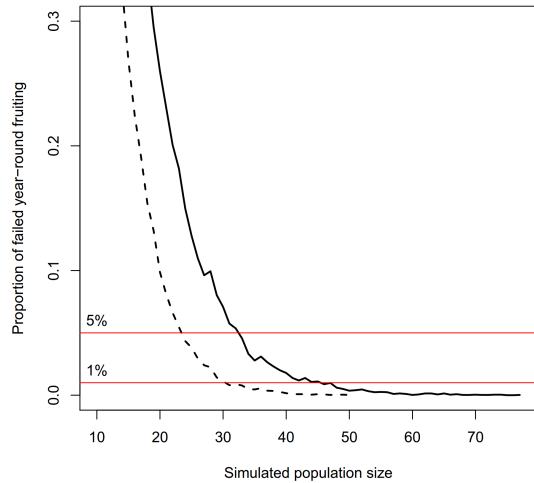


図3. シミュレーションによって示された、足摺・室戸のアコウ集団における個体数と周年結実が破綻する確率との関係。実線：室戸、破線：足摺。

(2) 発芽率の季節変化

足摺ではのべ31母樹、室戸では26母樹から合計132個の成熟果嚢を採取し、発芽試験をおこなった。発芽率は足摺では平均 $81 \pm 21\%$ (\pm SD)、室戸では $78 \pm 17\%$ となり集団間の差は認められなかった。果嚢ごとの発芽率を果嚢の採取時期ごとにみても、明瞭な季節変化は認められなかった(図4)。両地域ともにいずれの季節においても発芽能力のある種子を生産できており、コバチとの送粉共生をとおした繁殖過程は維持されているといえる。なお、いずれの時期においても果嚢の採取後すぐに発芽試験をはじめてもすみやかに発芽がはじまることから、アコウにおいては種子の休眠性はないと考えられる。

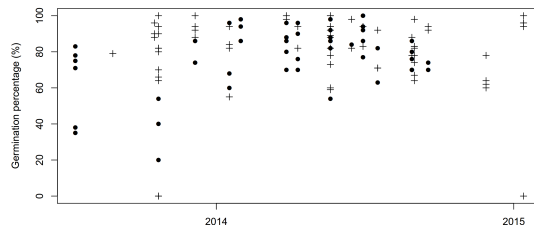


図4. 足摺・室戸のアコウから採取した種子の発芽率。黒丸：室戸、十字：足摺。

(3) 足摺・室戸集団の遺伝的多様性

マイクロサテライトによって個体の遺伝子型を決定し、足摺・室戸集団の遺伝的多様

性を比較したところ、ヘテロ接合度(期待値)では足摺 0.620、室戸 0.571、アレリックリッチネスでは足摺 3.533、室戸 3.407 となった。いずれの指標でも足摺のほうが高い値を示した。琉球から九州に至る 18 のアコウ集団と比べると、足摺は九州の複数集団と同等といえるが、室戸は海洋隔離された南大東島と同等の低い値だった。しかし、集団間の遺伝的親縁度を表す Fst 値を使って主座標分析をおこなったところ、足摺・室戸ともに九州の集団と近い位置にプロットされ、地理的な位置関係と遺伝的な親縁度がよくあっていた。足摺・室戸集団は九州から徐々に分布を広げたと考えられるが、とくに室戸集団では遺伝的多様性がいまだ低い状態のままのようである。

各個体のマイクロサテライトデータを使って Structure 解析をおこなったところ、8 つの祖先集団が認識された。しかしながらこれら遺伝的な特徴によってまとめられた集団と、結実特性から K-means によってまとめられた個体グループとのあいだには対応関係を見いだすことはできず、個体の結実特性と関係する遺伝的な特徴を突き止めることはできなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

大谷達也 (2012) 四国南部に生育するアコウ、四国の森を知る、18、6-7. 査読なし

〔学会発表〕(計 3 件)

金谷整一、大谷達也、2015 年 3 月 21 日、ヤクシマザル糞内にあるアコウ種子の遺伝的多様性、第 62 回日本生態学会講演、PA2-045、鹿児島大学、鹿児島市。

大谷達也、金谷整一、2015 年 3 月 21 日、分布北限域におけるアコウ(イチジク属)個体群の結実特性、第 62 回日本生態学会講演、PA2-085、鹿児島大学、鹿児島市。

金谷整一、大谷達也、2014 年 3 月 28 日、四国における絞め殺し植物アコウの遺伝構造、第 125 回日本森林学会大会学術講演、P1-078、大宮ソニックシティ、さいたま市。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大谷 達也 (OTANI, Tatsuya)

独立行政法人・森林総合研究所・四国支所・主任研究員

研究者番号：80353613

(2) 研究分担者

金谷 整一 (KANETANI, Seiichi)

独立行政法人・森林総合研究所・九州支所・主任研究員

研究者番号：90353648